

KIELER MEERESFORSCHUNGEN

Institut für Meereskunde der Universität Kiel

Herausgegeben von G. DIETRICH

unter Mitwirkung von

A. REMANE und E. SCHULZ (Zoologisches Institut),
F. DEFANT, F. GESSNER, K. KÄNDLER, J. KREY, C. SCHLIEPER
und G. WÜST (Institut für Meereskunde)

Band XVIII

1962

Heft 1

Sonderdruck S. 29—33

Zur kontinuierlichen Bestimmung der Tiefenlage von Schleppgeräten
im Meere

Von Gunther Krause und Gerold Siedler

Kommissionsverlag Walter G. Mühlau, Kiel

Zur kontinuierlichen Bestimmung der Tiefenlage von Schleppgeräten im Meere

VON GUNTHER KRAUSE und GEROLD SIEDLER

Zusammenfassung: Zur Bestimmung der jeweiligen Tiefe von geschleppten Geräten der meereskundlichen Forschung und von Fischereinetzen wurde ein registrierendes Tiefenmeßinstrument mit einem Druck-Frequenz-Meßwandler entwickelt, das mit relativ geringem technischen Aufwand eine Genauigkeit von 3—4% vom Bereichsendwert erreicht, wobei der Gesamtbereich beliebig durch die Wahl des Druck-Meßelements verändert werden kann. Es wird das Prinzip der Messung angegeben. In einer Diskussion des Übertragungsschemas wird die Güte der einzelnen Abschnitte der Anordnung und die daraus resultierende Genauigkeit erläutert. Anschließend werden Messungen beschrieben, die mit dem Schleppgerät „Hai“ (High-speed plankton sampler Gulf III) durchgeführt wurden, um für geringe Fierlängen nachzuprüfen, ob die Annahme eines über die volle Länge der Schlepptrosse konstanten Drahtwinkels brauchbare Tiefenangaben liefert. Die Ergebnisse werden graphisch dargestellt. Ferner wird anhand einer Registrierung die Abhängigkeit der Tiefenlage des Schleppgeräts von der Schiffsbewegung gezeigt.

On the continuous depth determination of towed devices in the sea (Summary): In order to determine the actual depths of oceanographical instruments and fishing nets a continuous depth recorder, using a transducer with a pressure-measuring pickup and a frequency signal output, was developed, which attains with relatively little technical effort an accuracy of 3—4% of the whole range. It is possible to change this range by the use of different pressure pickups. The method of measurement is shown. In a discussion of the schematic diagram of transmission the quality of the separate parts of the device and the therefrom resulting accuracy is explained. Furthermore, measurements carried out with the highspeed plankton sampler „Hai“ (modified Gulf III) are described in order to test for short wire lengths whether the assumption of a wire angle being constant to the full length of the towing wire supplies useful depth data. The results are represented graphically. Moreover, the dependence of the sampler's depths from the movements of the ship is shown by part of the record.

Einleitung

Für verschiedene Aufgabenstellungen der meereskundlichen Forschung und der Fischerei ist es wichtig, beim Betrieb eines Schleppgeräts dessen jeweilige Tiefenlage zu kennen und gegebenenfalls nach dem gewonnenen Meßwert zu korrigieren. Zur Bestimmung des Abstandes zwischen Gerät und Meeresoberfläche sind in der Praxis zwei Meßgrößen verwendbar: 1. die Laufzeit von Schallimpulsen, 2. der Druck der belastenden Wassersäule. Die Entscheidung für eines der beiden genannten Verfahren wird im wesentlichen herbeigeführt durch die Angaben über die erforderliche Genauigkeit und über den zulässigen gerätetechnischen Aufwand.

Wird eine hohe relative Genauigkeit verlangt, so ist infolge der hohen Präzision der Zeitmessung stets die Schallaufzeitmessung vorzuziehen, während sich bei absoluten Tiefenmessungen infolge der starken Abhängigkeit der Schallgeschwindigkeit von den physikalischen Daten des Meerwassers häufig das Druckmeßverfahren als überlegen erweist. Neben Geräten mit hoher Genauigkeit benötigt man Meßinstrumente, die es gestatten, die Tiefenlage zwar mit einer kleineren Genauigkeit, aber mit einem im Vergleich geringen technischen Aufwand und damit kostensparend zu messen. Für viele Zwecke der Fischereibiologie und Planktologie sowie der Fischerei wird der zuletzt genannte Gerätetyp vorzuziehen sein (vgl. W. Dow 1955, R. L. McNEELY 1959).

Wie sich bei der Entwicklung des nachfolgend beschriebenen elektronischen Tiefenmeßgeräts zeigte, ist die Forderung nach geringem technischen Aufwand bei dem für

die genannten Anwendungsgebiete wichtigen Meßbereich von einigen hundert Metern durch die Verwendung des Druckmeßverfahrens und einer Meßwertübertragung mittels Frequenzmodulation gut zu erfüllen.

Meßanordnung

Den Aufbau des Gesamtsystems zeigt Abb. 1. Die Anordnung besteht aus einer Unterwassereinheit, die an dem Gerät befestigt wird, dessen Tiefenlage festzustellen ist, ferner aus einem Ein- oder Zweileiterkabel und dem Bordgerät. Im Tauchgerät befindet sich ein Bourdonrohr als druckabhängiges Element (vgl. H. HINKELMANN 1957) in einer transistorisierten Meßwandler-Anordnung, die ein frequenzmoduliertes Ausgangssignal liefert. Die Übertragung dieses Signals zum Schiff erfolgt über ein stahl-armiertes Einleiterkabel unter Benutzung des Seewassers als Rückleiter oder über ein zweiadriges Gummikabel. Im Bordgerät wird die Frequenz des Signals gemessen und das damit gewonnene Gleichstromsignal zur Anzeige der Tiefenlage auf einem Instrument verwendet, das zur Anzeige und nach Bedarf zur Registrierung benutzt werden kann. Um die Anzeige- und die Ablesegenauigkeit zu erhöhen, ist außerdem eine Bereichsaufspaltung in zwei Unterbereiche vorgesehen, die sich um etwa 10% überlappen, so daß der Gesamtausschlag des Anzeige- und Registrierinstruments für jeweils etwa 55% des gesamten Frequenz- und damit Tiefenbereichs zur Verfügung steht. Abb. 3 zeigt links das Unterwassergerät, das hier durch einen Spezialstecker mit einem Einleiterkabel verbunden ist, und rechts das Bordgerät mit einem eingebauten Fallbügelschreiber, dessen Galvanometernadel zur Anzeige benutzt wird. Die Registrierung kann durch den Schalter S 4, der über dem Signal- und dem Netzkabeleingang auf der linken Seite angebracht ist, bei Bedarf durchgeführt werden. Rechts neben dem Kleinschreiber befinden sich der Eichschalter S 1 mit den Reglern P 1 und P 2 zur Eichung des Bordgeräts, ferner der Bereichsumschalter S 2 und der Netzschalter S 3 mit der Sicherung und einer Glühlampe zur Betriebsanzeige.

Übertragungsschema des Gesamtsystems

Um die Eigenschaften der Meßanordnung zu diskutieren, ist es zweckmäßig, das Übertragungsschema des Gesamtsystems zu betrachten. Entsprechend Abb. 1 haben wir das Gesamtsystem in folgende Abschnitte aufzuteilen:

1. Meßwandler

a) Mechanisch-elektrischer Teil

Mit der Tiefe z und der mechanischen Verschiebung x des Bourdonrohrs erhalten wir als Empfindlichkeit

$$\gamma_1^* = \frac{1}{x} \frac{dx}{dz} \left[\frac{1}{m} \right]$$

oder
$$\gamma_1 = \frac{10^2}{x} \frac{dx}{dz} \left[\frac{\%}{m} \right]$$

Legenden zu den nebenstehenden Abbildungen (Tafel 1)

Abb. 1: Aufbau des Gesamtsystems.

Abb. 2: Registrierung bei rollendem und stampfendem Schiff

b) Frequenzbestimmender Teil

Mit der Frequenz f des Oszillators erhalten wir:

$$\gamma_2^* = \frac{1}{f} \frac{df}{dx} \left[\frac{1}{m} \right]$$

oder
$$\gamma_2 = \frac{1}{10 f} \frac{dx}{df} \left[\frac{\%}{mm} \right]$$

Als Empfindlichkeit des gesamten Meßwandlers folgt daraus:

$$\gamma_M^* = \frac{1}{f} \frac{df}{dz} \left[\frac{1}{m} \right]$$

oder
$$\gamma_M = \frac{10^2}{f} \frac{df}{dz} \left[\frac{\%}{m} \right]$$

2. Frequenzmesser

Ist der Ausgangsstrom des Frequenzmessers I , so ist dessen Empfindlichkeit charakterisiert durch die Größe:

$$\gamma_F^* = f \frac{dI}{df} \left[A \right]$$

oder
$$\gamma_F = 10 f \frac{dI}{df} \left[\frac{mA}{\%} \right]$$

3. Registriergerät

Mit dem Schreiberausschlag a ergibt sich für die Empfindlichkeit:

$$\gamma_R^* = \frac{da}{dI} \left[\frac{Skt}{A} \right]$$

oder
$$\gamma_R = 10^{-3} \frac{da}{dI} \left[\frac{Skt}{mA} \right]$$

Damit erhält man für die Empfindlichkeit des Gesamtsystems die folgende Größe:

$$\gamma_G = \gamma_M \cdot \gamma_F \cdot \gamma_R \left[\frac{Skt}{m} \right]$$

Meßbereiche und Genauigkeiten

Aus der vorhergehenden Betrachtung erkennt man, daß man die Empfindlichkeit und damit den Meßbereich des Gesamtsystems durch Änderung der Empfindlichkeiten der einzelnen Abschnitte variieren kann. Aus den nachfolgenden Genauigkeitsbetrachtungen ersieht man jedoch, daß es zweckmäßig ist, den Gesamtmeßbereich durch die Wahl der Empfindlichkeit γ_1 des mechanisch-elektrischen Teils des Meßwandlers zu bestimmen. Bei dem gebauten Gerät ist ein Meßbereich von 0—50 m vorgesehen, der sich leicht durch Verwendung eines anderen Bourdonrohres auf beliebige andere Bereiche umstellen läßt.

Legende zu der nebenstehenden Abbildung (Tafel 2)

Abb. 3: Unterwasser- und Bordgerät.

In unserem Falle ergeben sich für die Empfindlichkeiten folgende Werte :

$$\gamma_M = \frac{10^2}{2 \cdot 10^3} \cdot \frac{2 \cdot 10^3}{50} = 2 \left[\frac{\%}{m} \right]$$

$$\gamma_F = 10 \cdot 2 \cdot 10^3 \cdot \frac{2 \cdot 10^{-3}}{2 \cdot 10^3} = 0,02 \left[\frac{mA}{\%} \right]$$

$$\gamma_R = 10^{-3} \cdot \frac{10^2}{10^{-3}} = 100 \left[\frac{Skt}{mA} \right]$$

Damit folgt für die Empfindlichkeit des Gesamtsystems

$$\gamma_G = 2 \cdot 0,02 \cdot 100 = 4 \left[\frac{Skt}{m} \right]$$

Der maximale relative Fehler δ der Meßanordnung ist mit den Grenzen f_1 und f_2 des Frequenzbereichs :

$$\delta^* = \frac{\Delta z}{z} = \frac{\Delta f}{f_2 - f_1} + \frac{\Delta I}{I} + \frac{\Delta a}{a}$$

oder

$$\delta = 100 \frac{\Delta z}{z} \left[\frac{\%}{\%} \right]$$

In unserem Falle ergibt sich :

$$\delta = 1,5 + 1 + 1 = 3,5\%$$

Das entspricht bei dem gewählten Meßbereich von 50 m einem absoluten Fehler von 1,75 m. Beim Fehlen kurzfristiger Netzspannungsänderungen ist optimal eine Tiefenabweichung von etwa 20 cm erkennbar. Das folgt aus der Ablesegenauigkeit von 0,5 Skt, wenn man die Schreibereigenschwankungen und die Aufspaltung in zwei Bereiche berücksichtigt.

Man erhält den kleinstmöglichen Gesamtfehler, wenn man ein Bourdonrohr wählt, dessen Druckbereich mit dem gewünschten Tiefenbereich übereinstimmt, da bei diesem Meßelement der absolute Fehler etwa proportional der Größe des Gesamtbereichs ist.

Bestimmung der Tiefenlage des Schleppgeräts „Hai“

Beim Schleppen der als „Hai“ bezeichneten Modifikation des Gulf III-Sampler (G. HEMPEL 1960, J. W. GEHRINGER 1961) ging man bisher meist von der Voraussetzung aus, daß der Drahtwinkel über die ganze Strecke vom Schiff bis zum Gerät konstant ist und man daher entsprechend Abb. 4 nach der geometrischen Beziehung

$$z_g = l \cdot \cos \alpha$$

die Tiefe berechnen kann. Um diese Annahme für geringe Fierlängen nachzuprüfen, wurden einige orientierende Messungen mit dem neuen Tiefenmesser bei den Fierlängen von 16, 26 und 36 m bei Schiffsgeschwindigkeiten zwischen 6 und 3,5 Knoten durchgeführt und mit den aus der geometrischen Beziehung erhaltenen Angaben verglichen. Die Drahtwinkelmessungen ergaben Werte zwischen 57° und 80°. Das Ergebnis zeigt Abb. 5. Wäre die Voraussetzung eines konstanten Drahtwinkels über die ganze

Legenden zu den nebenstehenden Abbildungen (Tafel 3)

Abb. 4: Lage der Schlepptrasse im Wasser.

Abb. 5: Vergleich der mit Annahme konstanten Drahtwinkels berechneten mit der gemessenen Tiefe.

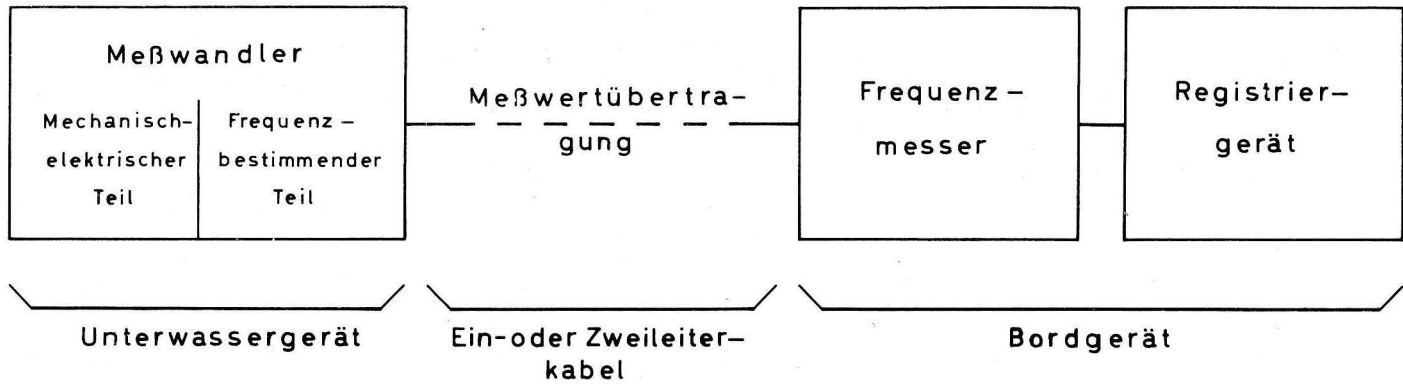


Abb.1

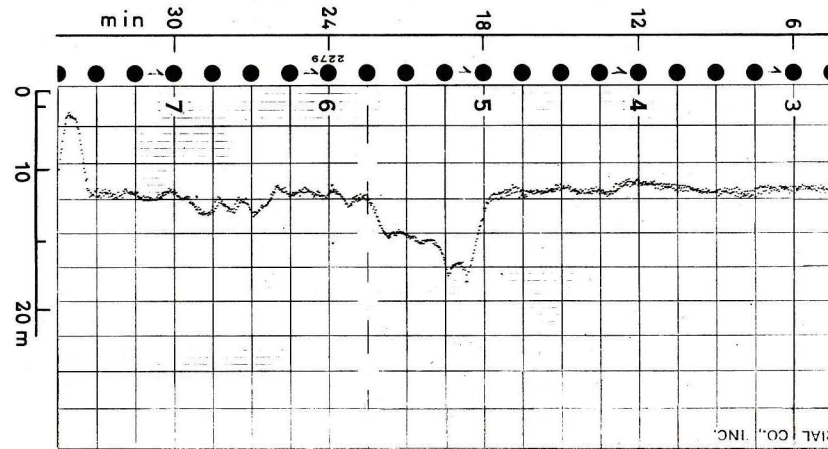
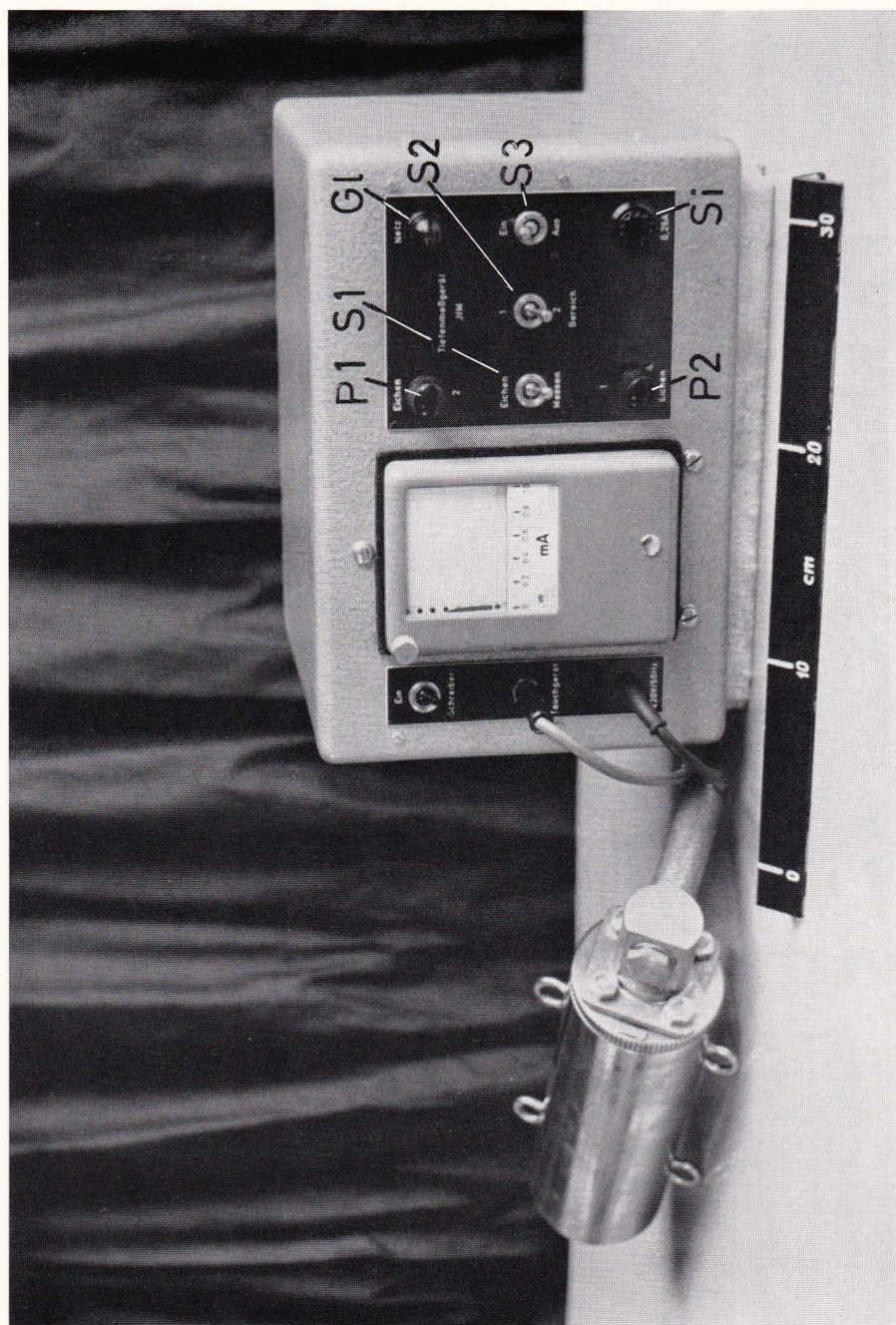


Abb.2



Tafel 2 (zu G. Krause und G. Siedler)

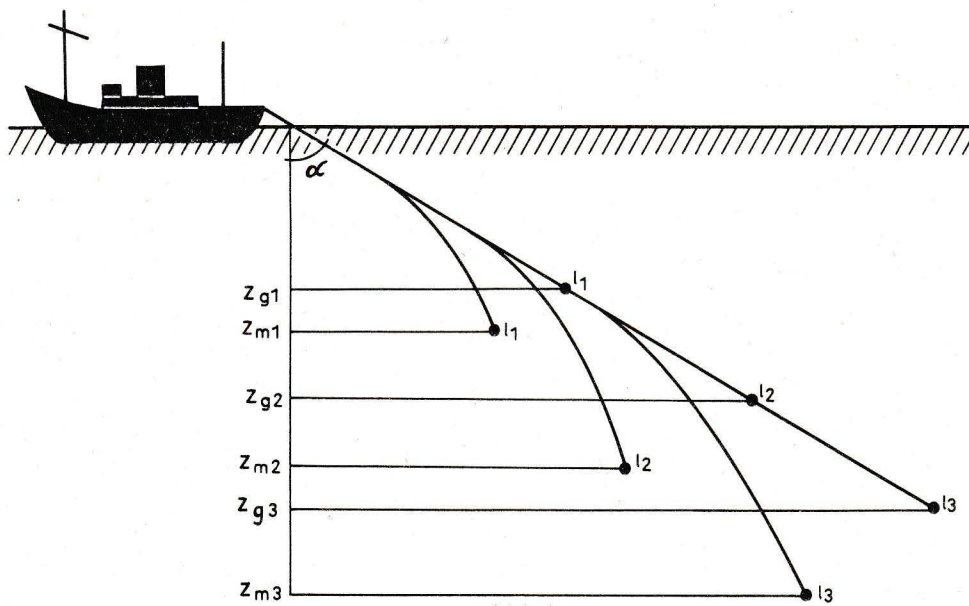


Abb.4

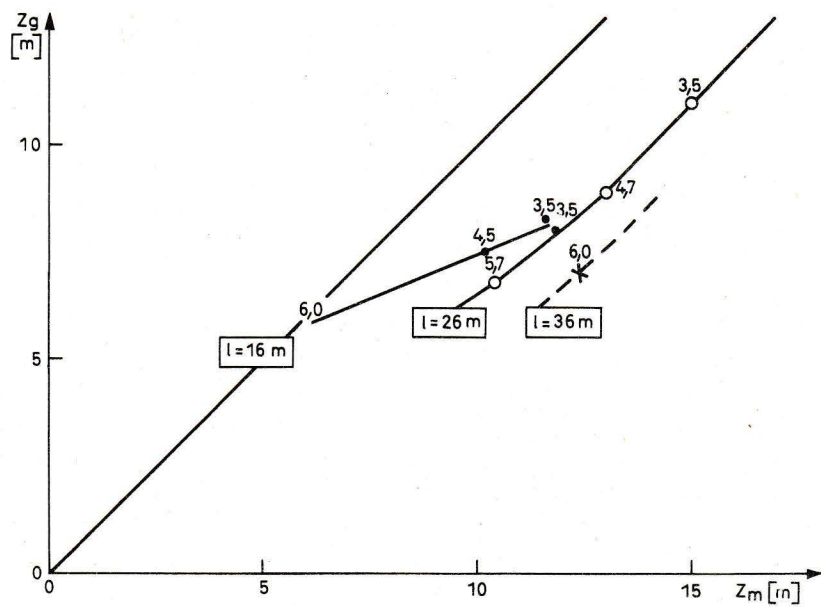


Abb.5

Tafel 3 (zu G. Krause und G. Siedler)

Trossenlänge erfüllt, so würde sich die in Abb. 4 eingezeichnete Gerade $z_g = z_m$ ergeben. Die Messungen zeigen jedoch stets eine Tiefe $z_m > z_g$, die durch eine Abnahme des Drahtwinkels mit der Tiefe entsprechend Abb. 3 zu erklären ist. Betrachtet man die Abweichung $z_m - z_g$, also den Abstand der Meßwerte von der Geraden $z_g = z_m$ in Richtung der z_m -Achse als Funktion der Schiffsgeschwindigkeit, so erkennt man, daß nur für hohe Schiffsgeschwindigkeiten bei geringen Fierlängen und für große Fierlängen die Beziehung aus der Annahme eines konstanten Drahtwinkels eine gute Näherung darstellt.

Einen Teil der tatsächlichen Registrierung zeigt Abb. 2, aus der die Wirkung des Seeganges (schwach bewegte See) und der Schiffsbewegung auf die Tiefenlage des Schleppgerätes hervorgeht. Der direkte Einfluß der Wellenbewegung äußert sich in einer Streuung der im Abstand von 2 sec aufgezeichneten Meßpunkte um einen Mittelwert, der sich im oberen Teil der Registrierung bei rollendem Schiff nur wenig ändert, während er im unteren Teil durch das Stampfen des auf neuem Kurs liegenden Schiffs um ± 1 m variiert. Diese größeren Schwankungen werden durch die Zu- und Abnahme der Geschwindigkeit beim Stampfen des Schiffes hervorgerufen.

Die Messungen wurden im Dezember 1961 an Bord von FK „Hermann Wattenberg“ vorgenommen. Die Verfasser möchten an dieser Stelle Herrn cand. rer. nat. J. LENZ für die Unterstützung bei der Durchführung dieser Arbeiten danken.

Literaturverzeichnis

- Dow, W. (1955): Underwater telemetering. A telemetering depth meter. Woods Hole Coll. Repr. 1955 Part I, Contribution 729. — GEHRINGER, J. W. (1961): The Gulf III and other Modern High-Speed Plankton Samplers. Int. Council for the Expl. of the Sea, „Zooplankton Produktion“ No. 8. — HEMPEL, G. (1960): Untersuchungen über die Verbreitung von Heringslarven im Englischen Kanal und der südlichen Nordsee im Januar 1959. Helgol. Wiss. Meeresuntersuch. 7 (2), 72—79. — HINKELMANN, H. (1957): Ein Gerät zur Schnellregistrierung in der Ozeanographie. Z. f. angew. Physik 9, 505—513. — MCNEELY, R. L. (1959): A Practical Depth Telemeter for Midwater Trawls. Modern Fishing Gear of the World 1959, S. 363.